

文章编号:1671-251X(2015)06-0058-03 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.06.014
李圣普,王小辉.煤与瓦斯突出信号挖掘方法研究[J].工矿自动化,2015,41(6):58-60.

煤与瓦斯突出信号挖掘方法研究

李圣普, 王小辉

(平顶山学院 计算机科学与技术学院, 河南 平顶山 467002)

摘要:针对传统关联聚类算法因难以捕捉异常信号非线性随机变化而造成采煤作业中特征信号检测不准确的问题,提出一种基于特征关联挖掘算法的煤与瓦斯突出信号挖掘方法。该方法利用小波变换提取煤矿井下作业区状态信号特征,为煤与瓦斯突出信号挖掘提供依据;计算煤矿井下作业区状态信号特征之间的关联度,实现煤与瓦斯突出特征信号挖掘。实验结果表明,该方法可提高煤与瓦斯突出信号挖掘的准确性。

关键词:煤与瓦斯突出;信号挖掘;特征信号;特征关联挖掘算法;小波变换

中图分类号:TD713.2 文献标志码:A 网络出版时间:2015-05-29 14:30

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150529.1430.014.html>

Study of mining method of signal of coal and gas outburst

LI Shengpu, WANG Xiaohui

(College of Computer Science and Technology, Pingdingshan University,
Pingdingshan 467002, China)

Abstract:For problem of inaccurate detection of characteristic signal in coal mining operation because it is difficult to capture nonlinear stochastic variation of abnormal signal with traditional associated clustering algorithm, a mining method of signal of coal and gas outburst based on feature-based association mining algorithm was proposed. The method uses wavelet transform to extract status signal characteristics of coal mine work area to provide a basis for signal mining of coal and gas outburst, and calculates degree of association between the status signal characteristics of coal mine work area to achieve mining of signal of coal and gas outburst. The experimental results show that the method can improve accuracy of mining of signal of coal and gas outburst.

Key words: coal and gas outburst; mining of signal; characteristic signal; feature-based association mining algorithm; wavelet transform

0 引言

煤与瓦斯突出是煤矿的主要自然灾害之一,长期以来严重威胁着煤矿的安全生产。煤与瓦斯突出防治技术一直是我国煤矿,特别是高、突瓦斯矿井的研究课题^[1-4]。现阶段,主要的煤与瓦斯突出信号挖掘算法包括K均值聚类算法、蚁群算法和关联聚类算法^[5],其中最常用的是关联聚类算法。利用关联聚类算法进行煤与瓦斯突出信号挖掘,能够从大量

的煤矿井下作业区状态信号中提取出特征信号。但是在特征信号挖掘的过程中,煤壁应力、瓦斯浓度等异常信号随着生产过程不同会呈现非线性随机变化,关联聚类算法对这种非线性变化很难正常捕捉,造成采煤作业中特征信号检测不准。因此,本文提出了一种基于特征关联挖掘算法的煤与瓦斯突出信号挖掘方法。该方法利用小波变换提取煤矿井下作业区状态信号特征,为煤与瓦斯突出信号挖掘提供依据;计算煤矿井下作业区状态信号特征之间的关

收稿日期:2014-11-07;修回日期:2015-04-10;责任编辑:胡娴。

基金项目:河南省重点科技攻关项目(142102210225)。

作者简介:李圣普(1983—),男,河南封丘人,讲师,硕士研究生,研究方向为无线传感器网络及应用,E-mail:lsp1519@163.com。

联度,实现煤与瓦斯突出特征信号挖掘。利用该方法可以从大量的状态信号中挖掘出特征信号,从而获取煤矿井下作业区的实际状态,为采煤作业提供决策依据。

1 煤与瓦斯突出信号挖掘原理

设全部煤与瓦斯突出信号集合为 Z ,全部状态信号的数量为 q ,对应属性的数量为 p ,作业区状态信号集合用 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_q\}$ 表示,其中, v_l 用来描述采煤作业过程中采集的第 l 个状态信号。在状态信号数据集合中全部元素的属性可以用 $K = \{k_1, k_2, \dots, k_p\}$ 表示, $v_l[k_m]$ 为第 l 个状态信号在属性 k_m 上的取值。根据关联聚类相关理论,可以根据属性对煤矿井下作业区状态信号进行有效分类。设煤矿井下作业区在运行过程中的状态参数 $e, q, p=1$,关联聚类过程中的聚类中心为 $B_{(d)} = (b_1, b_2, \dots, b_e)$,则可利用式(1)对煤矿井下作业区状态参数进行更新处理:

$$y_{kl} = \begin{cases} \frac{1}{\sum_{m=1}^e \left[\frac{f_{kl}}{f_{km}} \right]^{\frac{2}{p-1}}} & f_{kl} \neq 1 \\ 0 & e_{kl} = 0, l \neq m \\ 1 & e_{kl} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: y_{kl} 为第 l 个作业区状态参数 k_l 聚类结果; f_{kl} 和 f_{km} 分别为 k_l 和 k_m 的频率; e_{kl} 为状态参数 k_l 的值。

针对所有的煤矿井下作业区状态信号,用式(2)进行均值计算,均值结果用 b_l 表示:

$$b_l = \frac{\sum_{k=1}^q y_{kl}}{\sum_{k=1}^q y_{km}} \quad (2)$$

若式(3)成立,则完成煤矿井下作业区状态信号的初始聚类,否则,需要继续执行聚类分析。

$$|b_d - b_{(d+1)}| \leq \varphi \quad (3)$$

式中: b_d 为参数 d 的均值; $b_{(d+1)}$ 为参数 $d+1$ 的均值; φ 为参数聚类阈值。

设煤矿井下作业区状态信号属性构成的集合为 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_r\}$,则可根据式(4)计算各状态信号属性数据的隶属度 $H(D)$:

$$H(D) = \sum_{l=1}^q \prod \omega(d_k, z_l) \quad (4)$$

式中: $\omega(d_k, z_l)$ 为第 l 个作业区状态信号 z_l 在属性 d_k 上的隶属度。

根据式(5)计算煤矿井下作业区状态信号之间

的关联度:

$$y_{kl} = \frac{\exp\left(\frac{-\beta}{\kappa}\right)}{\sum_{k=1}^p \exp\left(\frac{-\beta}{\kappa}\right)} \quad (5)$$

式中: β 为参数 κ 的分辨系数。

设煤与瓦斯突出信号挖掘过程中的关联度阈值为 δ ,利用式(6)完成煤矿井下作业区特征信号挖掘:

$$\begin{cases} e_k > \delta & \text{是易燃信号} \\ e_k \leq \delta & \text{不是易燃信号} \end{cases} \quad (6)$$

式中: e_k 为参数 k 的关联度。

2 煤与瓦斯突出信号挖掘优化方法

2.1 状态信号特征提取

利用小波变换方法从煤矿井下作业区状态信号中提取出信号特征,为特征信号挖掘提供依据。设 $h(v)$ 为采样状态信号, $N^2(T)$ 为状态可采纳窗函数,煤矿井下作业区状态信号用 $h(v)$ 表示, $h(v) \in N^2(T)$,则可利用式(7)进行连续小波变换处理:

$$\begin{cases} Y(c, d) \leq h(v) \\ \zeta_{c,d}(v) \geq \frac{1}{\sqrt{c}} \int_{-\infty}^{\infty} h(v) \zeta_{c,d}\left(\frac{v-d}{c}\right) dv \end{cases} \quad (7)$$

式中: $Y(c, d)$ 为采样状态信号区域下限, $c = 2^l$, $d = 2^l$; $(l, m) \in B^2$; $\zeta_{c,d}(v)$ 为采样状态信号小波变换结果的上限。

根据小波频率分析相关理论,对煤矿井下作业区状态信号进行二次小波变换,用 i 表示实部缩放因子, j 表示虚部缩放因子,得到状态信号分解结果:

$$\begin{cases} e_{l+1}(q) = \sum_{m \in B} j(m-2q)e_l(m) \\ f_{l+1}(q) = \sum_{m \in B} i(m-2q)e_l(m) \end{cases} \quad (8)$$

根据式(9)一式(11)对煤矿井下作业区状态信号特征进行归一化变换:

$$z' = \frac{z - \bar{z}}{u} \quad (9)$$

$$u = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^Q (z_k - \bar{z})^2}{Q}} \quad (10)$$

$$\bar{z} = \frac{\sum_{k=1}^Q z_k}{Q} \quad (11)$$

式中: z' 为特征向量的归一化处理结果; z 为状态信号特征向量组; u 为方差; z_k 为第 k 个特征向量; $\bar{z}$ 为 z_k 平均值; Q 为煤矿井下作业区状态信号特征向量的数量。

2.2 特征信号挖掘

在煤与瓦斯突出信号挖掘过程中,需要计算不同的煤与瓦斯突出状态信号特征之间的关联性系数,从而完成特征信号挖掘。设状态信号采样点的位置为 $Z_k=(z_{k1},z_{k2},\cdots,z_{kp})$,用 t 表示特征信号时间域系数, r 表示特征信号空间域系数,利用式(12)计算煤矿井下作业区状态信号之间的关联性和对应的特征参数:

$$\begin{cases} x_{kl}(v+1)=\zeta x_{kl}(v)+e_1 t_1(r_{kl}(v)-z_{kl}(v))+e_2 t_2(r_{il}(v)-z_{il}(v)) \\ z_{kl}(v+1)=z_{kl}(v)+x_{kl}(v+1) \end{cases} \quad (12)$$

利用式(13)获取煤与瓦斯突出信号特征关联度需要符合的条件:

$$\mu=\zeta-\frac{Q-X_{\max}}{\sqrt{e_1-e_2}}\times\text{iter}_{\max} \quad (13)$$

式中: μ 为关联度阈值; $X_{\max}$ 为特征向量区域极大值; $\text{iter}_{\max}$ 为合理迭代极大值。

3 实验结果分析

采集煤矿井下作业区状态信号作为样本数据,特征信号的波谱如图 1 所示。

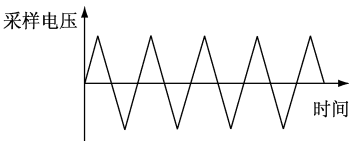


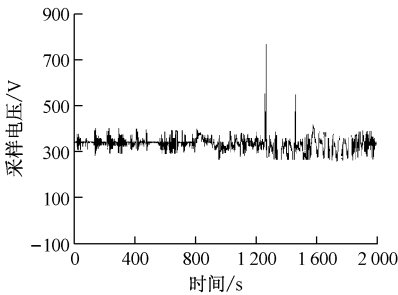
图 1 样本信号波谱

分别利用传统方法和本文方法进行煤与瓦斯突出信号挖掘,结果如图 2 所示。对比图 1、图 2 可知,利用本文方法所得的结果与实际的样本信号波谱更加接近。

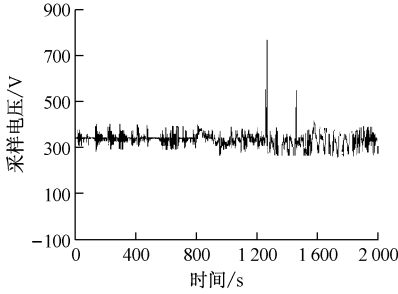
利用传统方法和本文方法进行特征信号挖掘,所耗费的时间及准确率对比见表 1。从表 1 可知,利用本文方法进行煤与瓦斯突出信号挖掘耗费的时间更短,准确率更高。

4 结语

分析了利用关联聚类算法进行煤与瓦斯突出信号挖掘的原理,并对传统信号挖掘方法进行了改进,提出了基于特征关联挖掘算法的煤与瓦斯突出信号挖掘方法。实验结果表明,利用本文方法进行煤与瓦斯突出信号挖掘,可以及时发现煤与瓦斯突出安全隐患,从而保证煤矿井下作业区的正常运行。



(a) 传统方法



(b) 本文方法

图 2 煤与瓦斯突出信号挖掘结果

表 1 不同方法耗费时间及准确率对比

实验次数	时间/ms		准确率/%	
	传统方法	本文方法	传统方法	本文方法
1	79	44	78	89
2	81	43	79	88
3	78	45	78	89
4	77	47	77	91
5	91	38	74	90
6	92	42	75	89
7	88	39	77	88
8	79	41	74	89
9	83	43	76	92
10	74	42	74	91

参考文献:

[1] 焦长军. 利民煤矿防治煤与瓦斯突出设计要点[J]. 煤炭技术, 2010, 29(8): 95-97.

[2] 郭德勇, 范金志, 马世志, 等. 煤与瓦斯突出预测层次分析-模糊综合评判方法[J]. 北京科技大学学报, 2007, 29(7): 660-664.

[3] 刘垒, 杨胜强, 赵磊, 等. BP 神经网络在煤与瓦斯突出预测中的应用[J]. 煤炭科技, 2011(2): 58-60.

[4] BERZAL F, CUBERO J, MARIN N. TBAR: an efficient method for association rule mining in relational databases [J]. Data Anti Knowledge Engineering, 2001, 37(1): 47-64.

[5] 赵道利, 梁武科, 罗兴铸, 等. 水电机组振动信号的子带能量特征提取方法研究[J]. 水力发电学报, 2004, 23(6): 116-119.